



⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 196 32 058 C 1

⑤① Int. Cl.⁶:
G 06 K 19/06

②① Aktenzeichen: 196 32 058.5-53
②② Anmeldetag: 9. 8. 96
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 5. 3. 98

DE 196 32 058 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦④ Vertreter:
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart

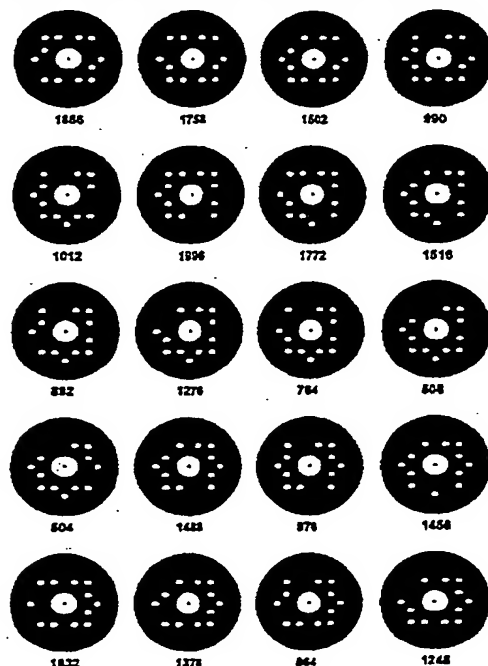
⑦② Erfinder:
Ahn, Sung Joon, Dipl.-Ing., 70199 Stuttgart, DE;
Oberdorfer, Berend, Dipl.-Ing., 70771 Leinfelden, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 30 14 350 C2
DE 25 49 087 B2

⑤④ Optoelektronisch erfaßbares Identifizierungs- oder Zielelement sowie Verfahren zu seiner Erfassung

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein optoelektronisch erfaßbares
Identifizierungs- oder Zielelement mit einer von einer kreis-
förmigen Umfangslinie begrenzten Erkennungsmarke (2),
das für photogrammetrische Anwendungen oder für die
Verwendung bei der Stückgutsortierung im Hinblick auf
seine Identifizierbarkeit dadurch verbessert wurde, daß es
erfindungsgemäß gekennzeichnet ist durch gemäß einem
Ringcode um das Erkennungsmarkenzentrum herum ange-
ordnete kreisförmige Codierungselemente (4).



(£)

DE 196 32 058 C 1

BEST AVAILABLE COPY

BUNDESDRUCKEREI 01.98 702 170/21

16

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein optoelektronisch erfaßbares Identifizierungs- oder Zielelement nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zum optoelektronischen Erfassen eines solchen Identifizierungs- oder Zielelements.

Ein vorstehendes Element kann beispielsweise als Zielelement bei der photogrammetrischen dreidimensionalen Vermessung, sogenannte 3-D-Vermessung, Verwendung finden, die bei der Werkzeugmaschinenvermessung, bei der Feststellung struktureller Deformationen, beispielsweise bei Bauwerken oder Maschinenteilen, angewandt wird. Hierbei war es seither erforderlich, ein Meßobjekt mit einer Vielzahl von Bildaufnahmeeinrichtungen bzw. oder aus einer Vielzahl von Richtungen aufzunehmen, wobei die Bildausschnitte sich zum Beispiel zu einem Drittel überdecken müssen, wobei jeder zu vermessende Objektpunkt zumindest in zwei Bildern abgebildet sein und die Zuordnung der Bildpunkte zu dem Objektpunkt geschaffen sein muß, um eine photogrammetrische Vermessung zu ermöglichen.

In dem Artikel "Industrial Photogrammetry: New Developments and Recent Applications" aus der Zeitschrift Photogrammetric Record 12 (68), S. 197—217 vom Oktober 1986 ist darauf hingewiesen, daß durch die Verwendung von punktförmigen, Zielelemente bildenden Erkennungsmarken ein Objekt optoelektronisch erfaßt und automatisch digital vermessen werden kann (digitale Photogrammetrie). Die Identifizierung von Erkennungsmarken als solcher, die Zuordnung homologer Punkte in einer Vielzahl von Aufnahmebildern mit verschiedenen Kamerakonfigurationen etc. werden jedoch als problematisch angesehen. Es wird jedoch nur die Verwendung unkodierter Erkennungsmarken als Zielmarken beschrieben.

Ein vorstehend erwähntes Element kann aber auch als Identifizierungselement beispielsweise für die Stückgutidentifizierung und/oder Sortierung, insbesondere im Bereich Logistik (Transport, Lagerhaltung etc.) eingesetzt werden.

Aus der DE 30 10 112 A1 ist ein auf eine Stückware aufzubringendes Identifizierungselement bekannt mit einer kreisringförmigen Struktur, die als Erkennungsmarke dient und von einem scannend-oszillierenden Laserstrahl eines photoelektrischen Lesegeräts detektierbar ist. Im inneren der kreisringförmigen Struktur ist in Form alternierender, in Umfangsrichtung unterschiedlich breiter, schwarzer Kreisscheibensegmente ein Barcode vorgesehen, der von einem eine Kreisbahn beschreibenden Laserstrahl abtastbar ist. Die darin gespeicherte Codeinformation wird durch eine Analyse der Grauwertsänderungen entlang der kreisförmigen Bahn des Laserstrahls gewonnen. Die Identifizierung der Erkennungsmarke funktioniert jedoch nur, wenn zusätzliche Fehlmarken hinreichend klein sind. Die photographische Erfassung und Auswertung des Identifizierungselements ist bei größerer Neigung der Ablichtungsachse zur Oberfläche des Elements nicht mehr möglich.

In der Veröffentlichung Bd. 27, Teil B5, Kommission V des Komitees für den 16. Internationalen Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung (Seiten 647—656) wird eine Technik beschrieben, bei der kreisförmige Konturen zur Erkennung eines Identifizierungs- oder Zielelements verwendet werden. Hierbei werden kreisförmige Bildstrukturen ermittelt und mit einem Modellkreis verglichen; die weitestgehend kreisförmige Bildstruktur wird als Erkennungsmarke identifiziert. Der kreisförmigen Erkennungsmarke ist ein linearer Barcode zugeordnet, der anschließend durch Abtasten in der linearen Richtung gelesen werden muß. Die Bildaufnahmeeinrichtung muß senkrecht über den kreisförmigen Erkennungsmarken angeordnet sein, um deren kreisförmige Abbildung zu gewährleisten.

Aus der Veröffentlichung Bd. 29, Teil B5, Kommission V des Komitees für den 17. internationalen Kongreß für Photogrammetrie und Fernerkundung (Seiten 222—229) ist ein Identifizierungselement bekannt, dessen Erkennungsmarke aus einer Kreisscheibe mit einem konzentrisch hierzu verlaufenden Ring besteht. Die Erkennungsmarke wird dadurch ermittelt, daß eine Bildstruktur mit zwei kreisförmigen Objekten mit gleichem Zentrum in Schablonentechnik gesucht wird, was wiederum eine Bildaufnahme in nahezu senkrechter Richtung zur Kreisebene erfordert. Konzentrisch zum Erkennungsmarkenzentrum ist ein Ringcode um die Erkennungsmarke herum vorgesehen. Die Codierung besteht in der Menge der Kreisingstücke in Umfangsrichtung. Zur Gewinnung der Codeinformation wird eine Analyse der Grauwertsänderung in Umfangsrichtung durchgeführt, wobei die Hälfte des Kreises zur Referenzierung der Codeinformation benutzt wird, was die realisierbare Codewortlänge stark reduziert. Es besteht keine Möglichkeit zur Überprüfung der Richtigkeit der Codeinformation.

Es besteht die Aufgabe, ein Identifizierungs- oder Zielelement bereitzustellen, welches unabhängig von der Orientierung, der Aufnahmerichtung und vom Aufnahmeabstand optoelektronisch erfaßt und identifiziert werden kann, so daß bei der photogrammetrischen Vermessung Irrtümer bei der Identifizierung der Zielelemente ausgeschlossen werden können oder bei der Stückgutsortierung nur minimale Anforderungen an die Bereitstellung der zu sortierenden Warenstücke und an die Orientierung der Identifikationselemente auf dem Warenstück gestellt werden müssen.

Diese Aufgabe wird durch ein Identifizierungs- oder Zielelement der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art gelöst, das erfindungsgemäß gekennzeichnet ist durch um die Erkennungsmarke herum auf wenigstens einer konzentrischen Kreislinie codiert angeordnete kreisscheibenförmige Codierungselemente.

Es existieren also für jedes Identifizierungs- oder Zielelement vorbestimmte Positionen, die von einem Codierungselement besetzt sein können. Die Codeinformation ist also in der Belegungsreihenfolge dieser bestimmten Positionen niedergelegt.

Die Erkennungsmarke könnte in Form eines Kreisrings gebildet sein; demgegenüber hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Erkennungsmarke von einer kreisscheibenförmigen Punktmarke, die sich durch vorzugsweise starken Kontrast vor dem Hintergrund abhebt, gebildet ist.

Die Codierungselemente könnten innerhalb einer kreisring- oder kreisscheibenförmigen Erkennungsmarke vorgesehen werden oder sie sind auf ihren bestimmten Positionen um die Erkennungsmarke herum angeordnet.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Codierungselemente kreisschei-

benförmig und vorzugsweise kleiner als die Erkennungsmarke ausgebildet, da hierdurch das Identifizierungs- oder Zielelement kompakter und die Anzahl der Codierungsmöglichkeiten pro Fläche erhöht wird. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit bei der Erkennung eines Identifizierungselements wird erhöht.

Die Codierungselemente können auf einem oder mehreren zum Erkennungsmarkenzentrum konzentrischen Kreisen angeordnet sein. Es eröffnet sich dann die Möglichkeit, die bestimmten Positionen auf denen Codierungselemente angeordnet werden können, beispielsweise sternförmig um das Erkennungsmarkenzentrum herum anzuordnen, so daß die Codierungselemente auf Winkelpositionen vorgesehen sind, die sich nur geringfügig voneinander unterscheiden, beispielsweise jeweils um einen Winkel von 5–15 Grad.

Die Erkennungsmarke kann in ihren Zentrum eine zusätzliche Markierung, wie einen Punkt oder ein Kreuz, aufweisen, um andere Meßausführungen zu unterstützen.

Der vorliegenden Erfindung liegt desweiteren die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur optoelektronischen Erfassung und Verarbeitung der Codierung eines Identifizierungs- oder Zielelements mit einer kreisförmigen Umfangsstruktur aufweisenden Erkennungsmarke und mit nach einem Ringcode an bestimmten Positionen bezüglich des Erkennungsmarkenzentrums vorgesehenen Codierungselementen zu schaffen, wobei ein Identifizierungs- oder Zielelement aufweisendes Objekt mit einer digitalen Bildaufnahmeeinrichtung abgebildet wird.

Diese weitere Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 4 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet den Vorteil, daß ein Objekt auch mit schräg auftreffendem Kamerawinkel aufgenommen werden kann. Die kreisförmige Umfangsstruktur der Erkennungsmarken erscheint dann im digitalen Bild als elliptische Bildstruktur. Um erkennen zu können, ob es sich dabei tatsächlich um eine Erkennungsmarke handelt und um die Codeinformation in Form der Anordnung von Codeelementen zu ermitteln, wird die Orientierung der elliptischen Bildstruktur erfaßt, so daß auf die ihr zugrundeliegende kreisförmige Struktur geschlossen werden kann. Durch eine in allgemeinsten Form als Regel oder Bedingung zu bezeichnende Abfrage kann geprüft werden, ob es sich bei der elliptischen Struktur tatsächlich um eine Erkennungsmarke handelt und ob die im Bereich der elliptischen Struktur weiteren Strukturen tatsächlich von einer Abbildung der Codierungselemente herrühren oder ob es sich um zu eliminierende Fremdobjekte handelt. Wenn fest steht, daß eine Erkennungsmarke gefunden ist, so wird die Codierung durch Ermitteln der Belegung der bestimmten Positionen durch Codierungselemente ermittelt und das Identifizierungs- bzw. Zielelement kann identifiziert werden.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der zeichnerischen Darstellung und nachfolgenden Beschreibung eines erfindungsgemäßen Identifizierungs- oder Zielelements sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1a bis 1e fünf verschiedene Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Identifizierungs- oder Zielelements;

Fig. 1f mehrere Identifizierungs- oder Zielelemente gemäß Fig. 1b mit unterschiedlicher Codierung;

Fig. 2a die Beschreibung einer Ellipse mit fünf Parametern;

Fig. 2b die Darstellung eines im digitalen Bild als Ellipse erscheinenden Identifizierungs- oder Zielelementes;

Fig. 2c die rekonstruierte Darstellung der tatsächlichen Struktur des Identifizierungs- oder Zielelements nach Fig. 2b; und

Fig. 3 die schematische Darstellung eines Flußdiagramms.

Fig. 1 zeigt fünf verschiedene Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Identifizierungs- oder Zielelements. Dieses besteht jeweils aus einer kreisscheibenförmigen Erkennungsmarke, im folgenden als Punktmarke 2 bezeichnet, und an verschiedenen Positionen um die Punktmarke 2 herum vorgesehenen kreisscheibenförmigen Codierungselementen 4, im folgenden als Codierungspunkte 4 bezeichnet. Aus der Anzahl der Codierungspunkte ergeben sich bei den Fig. 1a bis e Codewortlängen von 12 Bit, 16 Bit, 24 Bit, 36 Bits und 54 Bit. Die Codierungspunkte sind bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1a auf einer konzentrisch um das Erkennungsmarkenzentrum herum verlaufenden Kreislinie auf Winkelpositionen angeordnet, die sich um 30° voneinander unterscheiden. Bei der sternförmigen Anordnung gemäß Fig. 1b unterscheiden sich die Winkelpositionen um 360°/16, und bei den Figuren c und d um 360°/24 und 10°. Die vorbestimmten Positionen, an denen Codierungspunkte vorgesehen sein können, sind also bei diesen Ausführungsformen gleichmäßig verteilt. Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1e sind drei unabhängige Anordnungen von Codierungspunkten auf drei konzentrischen Kreislinien auf Winkelpositionen vorgesehen, die sich jeweils um 30°, 20°, 360°/24 voneinander unterscheiden. Die drei Anordnungen lassen sich durch ihren jeweiligen Radius der Kreislinie unterscheiden und zur Identifizierung der Punktmarke nacheinander zusammenschließen und bilden schließlich eine längere Codewortlänge. Weitere Anordnungen sind denkbar.

Schließlich zeigt Fig. 1f mehrere mit Identifizierungsnummern versehene Identifizierungs- oder Zielelemente der Ausführungsform gemäß Fig. 1b mit jeweils voneinander verschiedener Codierung. Die Belegungsreihenfolge der bestimmten Positionen durch die gegenüber der Punktmarke kleineren Codierungselemente dient als Entschlüsselungsinformation zur Identifizierung des Elements.

Die Punktmarke wird durch perspektivische Abbildung des Objekts durch eine digitale Bildaufnahmeeinrichtung aufgenommen und erscheint in dem digitalen Bild als elliptische Struktur (Fig. 2). Mit Methoden der Bildverarbeitung werden nun vorzugsweise alle Konturen des digitalen Bilds extrahiert und es werden die Konturkoordinaten, vorzugsweise aller, aufgrund ihres Kontrasts erkannten Bildstrukturen berechnet. Aus der Orientierung der in dem digitalen Bild elliptisch erscheinenden Punktmarke und der Anordnung der Codierungspunkte kann in weiteren Berechnungsschritten der Code und damit die Identifizierungsnummer des Identifizierungs- oder Zielelements maßstabs-, rotations- und beobachtungspositionsunabhängig ermittelt werden.

Nachfolgend wird ein derartiges Verfahren mit Bezug auf die Fig. 2a bis c beschrieben. Mittels eines Kontur-

findungsalgorithmus werden Bildstrukturen extrahiert, und es wird für diese Bildstrukturen die Strukturfläche und der Strukturumfang berechnet. Dabei wird die unterschiedliche Bildkoordinatenskalierung in X- und Y-Richtung des digitalen Bildaufnahmegeräts berücksichtigt. Aus dem Umfang und der Fläche wird vorzugsweise für jede Bildstruktur der Formfaktor nach der nachfolgenden Gleichung berechnet.

$$\text{Formfaktor} = \frac{\text{Umfang}^2}{4\pi \times \text{Fläche}} \quad (1)$$

Für eine kreisförmige Struktur nimmt der Formfaktor einen minimalen Wert von 1 an; für andere Bildstrukturen ist der Wert des Formfaktors größer als 1. Alle Bildstrukturen, die einen Formfaktor oberhalb eines Schwellenwerts von zum Beispiel 2 haben, werden als Fremdobjekte klassifiziert oder zumindest als unwahrscheinliche Bildstruktur für eine Bildmarke klassifiziert und kommen daher allenfalls als mögliche Bildstruktur für Codierungspunkte in Frage. Weitere Unterscheidungskriterien sind Minimal- und Maximalwerte für den Umfang der Bildstrukturen, die mit a priori-Wissen über die geometrischen Aufbaudaten des Identifizierungs- oder Zielelements und die Bildaufnahmebedingungen festgelegt werden. Auf diese Weise können im digitalen Bild elliptische Bildstrukturen als solche oder als wahrscheinliche Bildstruktur für eine Punktmarke identifiziert werden, deren Formfaktor näher an dem Formfaktor 1 eines Kreises liegt und deren Umfang in einem bestimmten Größenbereich liegt. Auf diese Weise werden im digitalen Bild elliptische Bildstrukturen identifiziert und nur die als Punktmarke wahrscheinlichen Bildstrukturen in die weiteren Überprüfungen zur Auffindung und Identifizierung der Punktmarke einbezogen. Eine Bildstruktur, deren Umfang zu groß ist, um als Punktmarke in Frage zu kommen, oder zu gering ist, um als Codierungspunkt in Frage zu kommen, wird aus der Bildstrukturliste eliminiert, da sie weder von einer gesuchten Punktmarke noch von Codierungspunkten stammen kann.

Eine Ellipse kann durch fünf Parameter, die Mittelpunktskoordinaten X_0 , Y_0 , die Halblänge der Haupt- und Nebenachse a , b und den Drehwinkel α beschrieben werden, so wie dies in Fig. 2a dargestellt ist. Diese Parameter lassen sich u. a. aus einer Ellipsenausgleichung mit Konturkoordinaten, oder aus den Flächenmomenten von nullter, erster oder zweiter Ordnung berechnen. Für die als Punktmarke klassifizierten Bildstrukturen werden diese fünf Parameter berechnet. Für die in der Umgebung der Punktmarke als Codierungspunkte klassifizierten Strukturen des digitalen Bilds werden lediglich die Mittelpunktskoordinaten X_c , Y_c durch Schwerpunktbestimmung bestimmt.

Durch Ermittlung der vorstehend genannten Parameter für eine elliptische Bildstruktur ist zugleich deren Orientierung bestimmt, wenn man davon ausgeht, daß die im digitalen Bild elliptisch erscheinende Bildstruktur von einer kreisförmigen Objektstruktur herrührt. Hieraus kann auch die tatsächliche Anordnung von weiteren Strukturen um die Punktmarke herum ermittelt werden und nach einer Prüfung ermittelt werden, ob es sich hierbei um die Codierungspunkte des Identifizierungs- oder Zielelements handelt. Es wird hierfür eine Koordinatentransformation durchgeführt, die anhand der Fig. 2a, b und c nachvollzogen werden kann. Es wird ein Koordinatensystem x' , y' ermittelt, das gegenüber dem Bildkoordinatensystem X , Y des Bildaufnahmegeräts um den Winkel α gedreht ist und dessen Koordinatenachsen entlang der Hauptachsen der Ellipse des digitalen Bilds verlaufen (Fig. 2a, b). Dieses Koordinatensystem x' , y' wird dann um eine Koordinatenachse gedreht, so daß ein Koordinatensystem x'' , y'' erhalten wird, in dem die im digitalen Bild elliptische Struktur Kreisform aufweist (Fig. 2c).

Die Entfernung r und die Winkelposition θ eines Codierungspunkts bezüglich des Punktmakenzentrums können unter Berücksichtigung eines Bildkoordinatenskalierungsfaktors s wie folgt berechnet werden (siehe Fig. 2a, b, c).

$$x_c'' = \frac{1}{s} (X_c - X_0) \cos \alpha + (Y_c - Y_0) \sin \alpha \quad (2)$$

$$y_c'' = \frac{-1}{s} \frac{a}{b} (X_c - X_0) \sin \alpha + \frac{a}{b} (Y_c - Y_0) \cos \alpha \quad (3)$$

$$r = \sqrt{x_c''^2 + y_c''^2} \quad (4)$$

$$\theta = \begin{cases} \text{atan2}(y_c'', x_c'') & , y_c'' \geq 0 \\ \text{atan2}(y_c'', x_c'') + 2\pi & , y_c'' < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Die Funktion $\text{atan2}(y_c'', x_c'')$ bedeutet hierbei die arctan-Funktion von (y_c''/x_c'') . Wenn das Bildaufnahmegerät keinen Bildkoordinatenskalierungsunterschied aufweist oder dieser nicht berücksichtigt werden soll, so wird $s = 1$ gesetzt. Die Codierungspunkte um die Punktmarke liegen bei dem zu ermittelnden Identifizierungs- oder Zielelement innerhalb eines ringförmigen Gebiets im tatsächlichen Lokalkoordinatensystem x'' , y'' , und es gilt:

$$k_{r,1} < \frac{r}{a} < k_{r,2} \quad \text{mit Konstanten } k_{r,1} > 1 \text{ und } k_{r,2} > 1 \quad (6)$$

Außerdem soll der Umfang des Codierungspunkts gegenüber dem Umfang der Punktmarke eine Minimal-, Maximalbedingung erfüllen:

$$k_{u1} < \frac{\text{Umfang des Codierungspunkts}}{\text{Umfang der Punktmarke}} < k_{u2} \quad \text{mit Konstanten } 0 < k_{u1} < 1 \quad (7)$$

5

$$\text{und } 0 < k_{u2} < 1$$

10

Die Kriterien nach Gleichung (6) und (7) sind maßstabsinvariant. Die vier Konstanten k_{r1} , k_{r2} , k_{u1} und k_{u2} sind aus den geometrischen Aufbaudaten der Punktmarke mit Berücksichtigung des Bildmeßfehlers festzulegen. Wenn die Codierungspunkte um die Punktmarke mehrreihig angeordnet sind (Fig. 1b, c, d), um die Zahl der Codierungspunkte zu vergrößern, soll k_{r2} dementsprechend groß sein.

Mit den Gleichungen von (2) bis (5) und den Kriterien von (6) und (7) werden alle Codierungspunkte um die Punktmarke gefunden und deren Winkelposition um die Punktmarke berechnet. Zur Auffindung der Codierungspunkte um die Punktmarke werden nicht nur die als Codierungspunkt klassifizierten Objekte, sondern auch die als Punktmarke klassifizierten Bildstrukturen als mögliche Codierungspunkte in die Berechnung einbezogen.

15

Nach der Besteinpassung und Diskretisierung der Winkelpositionen an die definierten Positionen ergibt sich ein binärer Ringcode. Der Ringcode entspricht dem Binärkode mit zusätzlicher Eigenschaft, daß die resultierende Identifikationsnummer unabhängig von der Drehlage der Binärinformationen ist. Bei gleicher Codewortlänge reduziert sich jedoch die Anzahl der Identifikationsmöglichkeiten für den Ringcode.

20

Die Gesamtzahl der gesetzten Ringcodestellen soll die Minimal-, Maximal- und Paritätsbedingung erfüllen. Desweiteren soll mindestens eine festgelegte Belegungsreihenfolge innerhalb dieses Ringcodes gefunden werden, um so teilweise verdeckte Punktmarken zu eliminieren. Wenn alle vorgenannten Bedingungen erfüllt sind, wird die Punktmarke als gültig akzeptiert. Für alle als Punktmarke klassifizierten Bildstrukturen wird diese Gültigkeitsprüfung wiederholt.

25

Die Identifizierungsnummer für das Identifizierungs- oder Zielelement ergibt sich durch die Interpretation des Ringcodes. Die Interpretation kann allerdings nach verschiedenen Vorschriften realisiert werden. Das Interpretationsergebnis soll jedenfalls rotationsvariabel sein, damit unabhängig von der Beobachtungsposition und von der Drehung des Elements die Identifizierungsnummer der Punktmarke konsistent bleibt.

30

Die Zahl der Codierungskombinationen hängt von der Codewortlänge des Ringcodes ab. Die realisierbare Codewortlänge mit Bedingung von Gleichung (6) ist durch die Auflösung und Genauigkeit der Winkelpositionsbestimmung des Codierungspunkts um die Punktmarke begrenzt (Fig. 1a bis d). Mit mehrfachen Bedingungen von Gleichung (6) mit unterschiedlichen Wertpaaren von k_{r1} , k_{r2} , d. h. mit mehrschaligen ringförmigen Gebieten für die Codierungspunkte um die Punktmarke kann die Codewortlänge vergrößert werden (Fig. 1e).

35

Als Ergebnis des gesamten Identifizierungscodes werden der Punktmarkenbildmittelpunkt X_0 , Y_0 und die Identifizierungsnummer weitergegeben.

Der Bildkoordinatenskalierungsfaktor des Bildaufnahmegerätes kann direkt auf die Konturkoordinatenberechnung bei der Konturfundung angewandt werden, d. h. die x-Koordinaten aller ermittelten Konturpunkte durch s dividiert werden, damit bei allen danach folgenden Berechnungen die wiederholten Berücksichtigungen des Bildkoordinatenskalierungsunterschieds des Bildaufnahmegerätes entfallen. In diesem Fall sind $s \cdot X_0$, Y_0 statt X_0 , Y_0 als Ergebnis für den Punktmarkenbildmittelpunkt zusammen mit der Identifizierungsnummer weiter zu geben.

40

Der gesamte Bildverarbeitungs-, Gültigkeitsprüfungs- und Identifizierungsvorgang für eine Punktmarke kann nach der Ermittlung der Ellipsenparameter innerhalb eines kleinen Bildfensters um den Ellipsenmittelpunkt durchgeführt werden, dessen Fenstergröße mit den ermittelten Ellipsenparametern und mit Konstanten $k_{r1,2}$ und $k_{u1,2}$ bestimmt wird, so daß sich alle als Punktmarke möglichen Bildstrukturen und als zugehörige Codierungspunkte möglichen Bildstrukturen innerhalb dieses Bildfensters befinden. Durch optimierte Bildverarbeitung "innerhalb" dieses Bildfensters werden die Bildstrukturen besser ermittelt und verarbeitet und damit die Zuverlässigkeit und Genauigkeit des Gesamtergebnisses erheblich gesteigert. Die vorbelegten Winkelpositionen zur Überprüfung der Verdeckung der Punktmarke durch Fremdobjekte sollen vorzugsweise ausschließlich an die äußersten Codierungspunkte vergeben werden, damit eine Überprüfung der Verdeckung zweckmäßig durchgeführt werden kann.

45

Das auf die vorstehend beschriebene Weise erhaltene Element kann dann beispielsweise als Identifizierungselement bei der Stückgutsortierung oder als Zielelement bei der photogrammetrischen Behandlung von zu vermessenden Objekten verwendet werden.

Die in den Fig. 2a, b und c und in der Beschreibung verwendeten Koordinaten und Bezeichnungen werden nachfolgend gesondert aufgeführt:

50

- X, Y Bildkoordinatensystem des Bildaufnahmegerätes
 - x, y Lokalbildkoordinatensystem auf dem Ellipsenmittelpunkt X_0 , Y_0
 - x' , y' um den Winkel α gedrehtes Koordinatensystem x, y
 - x'' , y'' Koordinatensystem x' , y' nach der Korrektur der perspektivisch verzerrten Abbildung
 - X_0 , Y_0 Bildkoordinaten des Ellipsenmittelpunkts im Koordinatensystem X, Y
 - a, b Halblänge der Haupt- und Nebenachse der Ellipse
 - α Drehwinkel der Ellipse
- 55

X_0, Y_0 Bildkoordinaten eines Codierungspunkts im Koordinatensystem X, Y

x_c'', y_c'' Bildkoordinaten eines Codierungspunktes im Koordinatensystem x'', y''

θ', θ Winkelposition eines Codierungspunkts um die Punktmarke im Koordinatensystem x', y' bzw. x'', y''

r Entfernung eines Codierungspunkts von dem Mittelpunkt der Punktmarke im Koordinatensystem x'', y''

5 $k_{r1,2}, k_{\theta 1,2}$ Konstanten der Auffindungskriterien für Codierungspunkte um die Punktmarke.

Zur beispielhaften Erläuterung der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf das als Fig. 3 beigefügte Flußdiagramm verwiesen, aus dem sich eine beispielhafte und bevorzugte Abfolge von Verfahrensschritten ergibt.

Patentansprüche

1. Optoelektronisch erfaßbares Identifizierungs- oder Zielelement mit einer von einer kreisförmigen Umfangslinie begrenzten, kreisscheibenförmigen Erkennungsmarke (2), gekennzeichnet durch um die Erkennungsmarke (2) herum auf wenigstens einer konzentrischen Kreislinie codiert angeordnete kreisscheibenförmige Codierungselemente (4).
2. Identifizierungs- oder Zielelement Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Codierungselemente (4) kleiner als die Erkennungsmarke (2) sind.
3. Identifizierungs- oder Zielelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Erkennungsmarke (2) im Erkennungsmarkenzentrum eine zusätzliche Markierung, wie einen Punkt oder ein Kreuz, aufweist.
4. Verfahren zur optoelektronischen Erfassung und Verarbeitung der Codierung eines Identifizierungs- oder Zielelements mit einer eine kreisförmige Umfangsstruktur aufweisenden Erkennungsmarke (2) und mit nach einem Ringcode an bestimmten Positionen bzgl. des Erkennungsmarkenzentrums vorgesehenen Codierungselementen (4) wobei ein ein Identifizierungs- oder Zielelement aufweisendes Objekt mit einer digitalen Bildaufnahmeeinrichtung abgebildet wird, die folgenden Schritte umfassend:
 - Bestimmen der Konturkoordinaten aller aufgrund ihres Kontrasts erkannten Bildstrukturen des Bilds mit rechnerunterstützten Methoden der Bildverarbeitung
 - Identifizieren von im digitalen Bild elliptischen Bildstrukturen
 - Bestimmen der Orientierung der elliptischen Bildstrukturen
 - Bestimmen der tatsächlichen Anordnung von weiteren Strukturen bei der elliptischen Struktur des digitalen Bilds
 - Prüfen, ob die tatsächliche Anordnung von weiteren Strukturen einer vorbestimmten Regel oder Bedingung genügt und dementsprechendes Eliminieren oder Identifizieren der elliptischen Struktur als Erkennungsmarke (2) und weiterer Strukturen als Codierungselemente (4)
 - Ermitteln der Belegung der bestimmten Positionen um das Erkennungsmarkenzentrum herum durch Codierungselemente
 - Ermitteln des Codes und einer Identifizierungsnummer des Identifizierungs- oder Zielelements anhand der tatsächlichen Anordnung der Codierungselemente.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine elliptische Struktur als solche identifiziert wird, indem für alle Bildstrukturen das Verhältnis von Strukturumfang zu Strukturfläche, der sogenannte Formfaktor, berechnet wird und solche Strukturen eliminiert werden, deren Formfaktor einen vorbestimmten Betrag übersteigt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als weiteres Unterscheidungskriterium Minimal- und Maximalwerte eines vorgegebenen Strukturumfangs verwendet und mit dem ermitteltem Strukturumfang verglichen werden.
7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ermittlung der Orientierung der elliptischen Bildstrukturen Ellipsenparameter berechnet werden und eine Koordinatentransformation durchgeführt wird, so daß die im digitalen Bild elliptische Bildstruktur kreisförmig ist.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß in einem ersten Transformationsschritt eine Transformation in das Hauptachsensystem der Ellipse durchgeführt wird und daß in einem zweiten Transformationsschritt eine Drehung um eine Hauptachse durchgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ermittlung der Orientierung der elliptischen Bildstrukturen die Mittelpunktskoordinaten X_0, Y_0 , die Halblänge der Haupt- und Nebenachsen a, b und der Drehwinkel berechnet werden.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ellipsenparameter aus einer Ellipsenausgleichung mit Konturkoordinaten berechnet werden.
11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ellipsenparameter aus den Flächenmomenten von nullter, erster und zweiter Ordnung berechnet werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ermittlung der tatsächlichen Anordnung der weiteren Strukturen bei der elliptischen Struktur oder Codierungselemente bei der Erkennungsmarke die Mittelpunktskoordinaten errechnet werden.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittelpunktskoordinaten der Codierungselemente durch eine Schwerpunktsberechnung erhalten werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestimmung der tatsächlichen Anordnung der Codierungselemente deren Winkelposition θ und Abstand r vom Erkennungsmarkenzentrum berechnet wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zur Identifizierung von

Codierungselementen die Kriterien nach Gleichungen

$$k_{r1} < \frac{r}{a} < k_{r2} \quad \text{mit Konstanten } k_{r1} > 1 \text{ und } k_{r2} > 1$$

5

und/oder

$$k_{s1} < \frac{\text{Umfang des Codierungspunkts}}{\text{Umfang der Punktmarke}} < k_{s2} \quad \text{mit Konstanten } 0 < k_{s1} < 1$$

10

$$\text{und } 0 < k_{s2} < 1$$

15

verwendet werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Codeinformation durch Besteinpassung und Diskretisierung der Winkelposition θ auf vordefinierten Winkelpositionen gewonnen wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Ellipsenmittelpunktskoordinaten als gesuchte Zielmarkenkoordinaten entnommen werden.

20

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

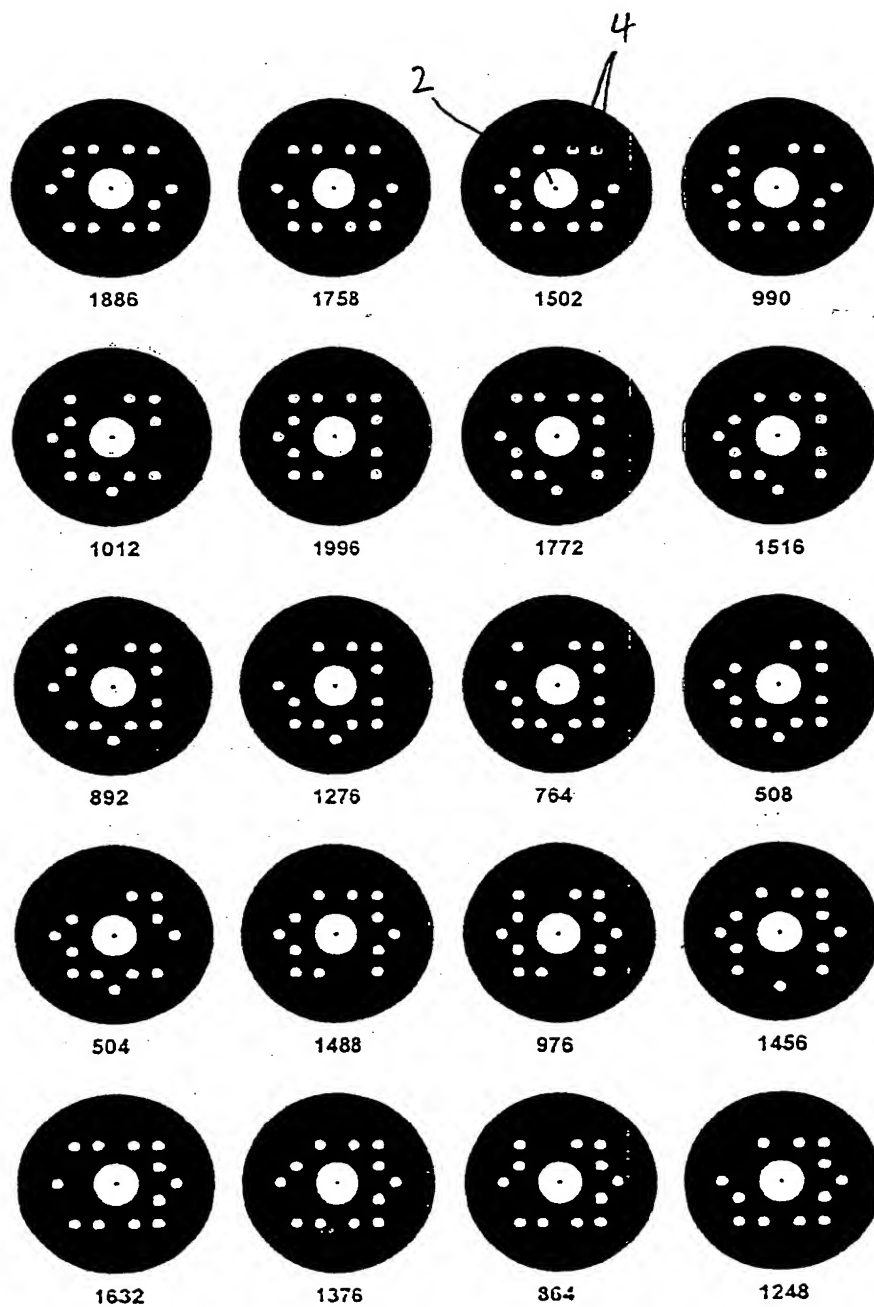
50

55

60

65

- Leerseite -



(f)

Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

702 170/21

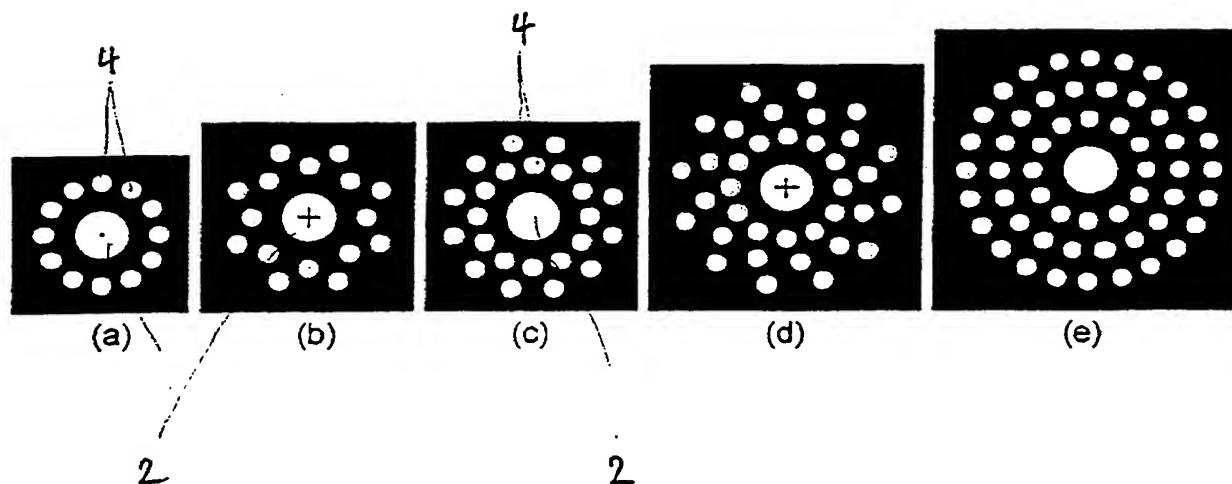


Fig 1 a-e

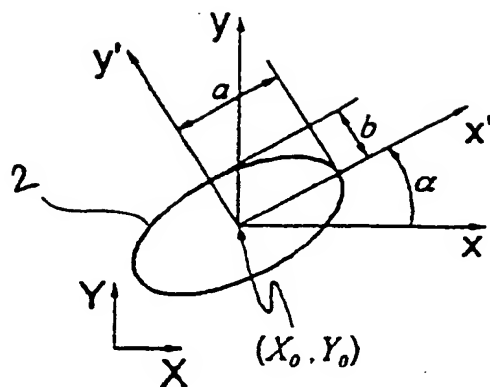
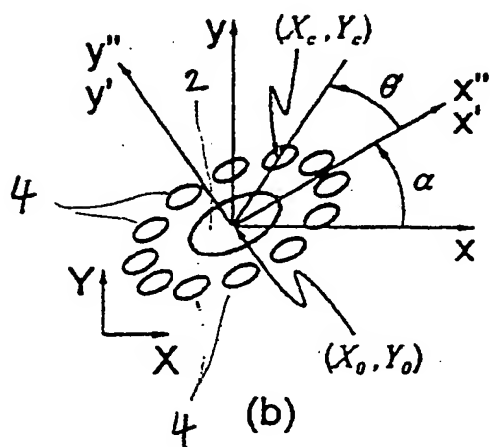
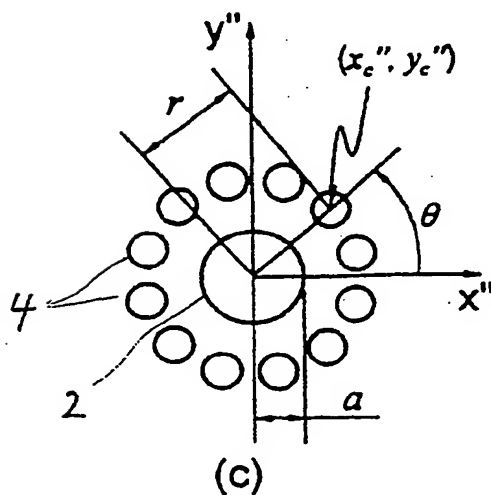


Fig. 2 (a)



(b)



(c)

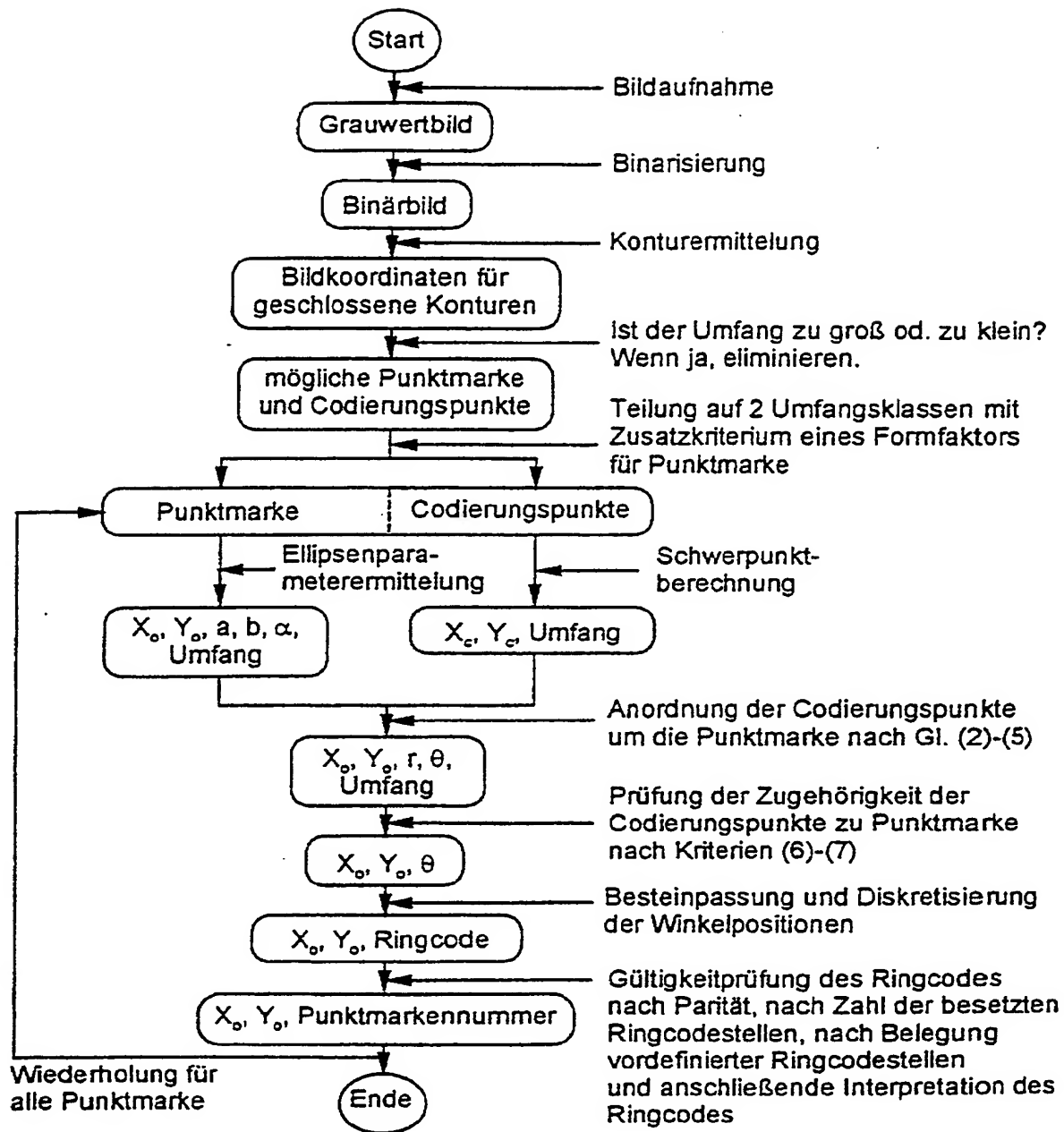


Fig. 3